

Relations spatiales et temporelles entre les formations superficielles et les mouvements de terrain sur la côte de l'Île-de-France (Champagne) : un moyen de préparer les cartes des aléas*

Alain MARRE (1)
Michel LAURAIN (2)
Pierre GUÉRÉMY (1)

Spatial and temporal relationships between slope deposits and mass movements in Île-de-France (Champagne): an approach for compiling hazard maps

Géologie de la France, n°2, 1997, pp. 39-49, 11 fig.

Mots-clés : Mouvement masse, Périglaciaire, Risque naturel, Marne, Département Champagne, Côte Île-de-France, France.

Key-words: Mass movements, Periglacial features, Natural hazards, Marne France, Champagne, Île-de-France cuesta, France.

Résumé

Les études effectuées par l'équipe du GRECA ont établi une distinction entre plusieurs types de formations superficielles qui, en général, sont peu détaillées sur les cartes géologiques à 1/50 000. Certaines de ces formations correspondent à des mouvements de terrain, d'autres sont couramment mises en place sur les pentes, pendant les périodes froides du Quaternaire, en relation avec l'intervention de cycles gel-dégel.

Deux types de formations correspondent aux mouvements de terrain : ce sont, d'une part, les masses glissées, dans lesquelles il est possible de retrouver plus ou moins bien la stratification des couches tertiaires et, d'autre part, les masses déplacées par des coulées, qui présentent une disposition en vrac, une grande hétérogénéité et hétérométrie du matériel.

Les formations de pentes de période froide sont de trois types : des dépôts de types "groizes" au pied de certains escarpements calcaires, des dépôts de types

grèzes (les "graveluches" champenoises) issus de la craie et les dépôts des petites coulées de solifluxion issues des argiles à meulière des plateaux. La genèse des dépôts cryoclastiques de type groizes ou de type grèzes correspond à des processus où le gel est intervenu plus rigoureusement et plus fréquemment qu'aujourd'hui.

L'examen des rapports spatiaux et temporels entre ces diverses formations permet de distinguer plusieurs cas : des superpositions de masses déplacées entre elles, des superpositions de masses déplacées sur des formations de pentes et des superpositions de formations de pentes de période froide sur des masses déplacées.

Ainsi, sur l'ensemble de la région étudiée, on a pu mettre en évidence au minimum quatre périodes de fonctionnement des mouvements de terrain et établir une chronologie relative, où l'on distingue : a) des mouvements très anciens et anciens (Pléistocène) recouverts par une ou plusieurs formations de pente, b) des

mouvements récents et très récents (Holocène), qui ne sont pas recouverts par des formations de pente mais peuvent se superposer entre eux.

Grâce à cette chronologie relative, il devient possible de distinguer deux degrés de fragilité parmi ces mouvements, tous "dormants". Les mouvements d'âge très ancien et ancien apparaissent moins susceptibles de réactivation que les mouvements d'âge récent et très récent, à cause de l'évolution qu'ils ont subi au cours des périodes froides du Quaternaire.

Abstract

The vineyards of the Champagne region, the most northern in France (Fig. 1), are planted on steep slopes so that they receive a maximum amount of sun. Numerous mass movements have occurred and pose a current threat to viticultural activity. Study of the surficial slope deposits has made it possible to divide them into those related to mass movements and those related to other

* Communication orale lors du colloque "Formations superficielles et géomorphologie", Rouen 19-21 mars 1996. Manuscrit reçu le 20 août 1996, accepté définitivement le 16 avril 1997.

(1) Groupe de Recherche sur l'Erosion en Champagne-Ardenne (GRECA), G.O. 849 du CNRS, et Centre Européen des Risques Géomorphologiques (CERG), Département de Géographie, Université de Reims, 57 rue Pierre Taittinger, 51096 Reims Cedex.

(2) Groupe de Recherche sur l'Erosion en Champagne-Ardenne, Département des Sciences de la Terre, Université de Reims, Moulin de la Housse 51096 Reims Cedex.

processes, particularly periglacial. Based on the spatial and temporal relationships of the slope deposits, a relative chronology can be proposed for use in hazard-assessment studies.

The slope deposits related to mass movement (Fig. 2) are used to identify landslides in which the geological deposits are highly disturbed, but nevertheless recognizable (Fig. 3), and flows with a predominant clayey-sandy matrix. Cross-sections show the superposition of some of these flows (Figs. 4 and 5).

The slope deposits related to processes other than mass movement were formed in a periglacial morphoclimatic context. They consist of either stratified scree ("grèze" or "groize") on the steep slopes at the foot of limestone and chalk outcrops (Figs. 6 and 7), or unsorted deposits containing angular fragments aligned in the direction of the slope ("head" type) where the dip is about 10° (Fig. 8).

The spatial and temporal relationships of the various slope deposits have revealed several situations:

1. Flow deposits covered by periglacial deposits; the landslide is pre-periglacial.
2. Periglacial deposits covered by flow deposits; the landslide is post the youngest periglacial period.
3. Flow deposits covered by other flow deposits; this gives a relative chronology between the two.

The example of the Vauciennes region in the Marne Valley (Fig. 10) shows a relative chronology with four generations of mass movement from Pleistocene to present.

This approach can be used in hazard-ranking studies concerning mass movement. The areas corresponding to ancient landslides (Pleistocene) are classed as relatively stable, although the processes that triggered the movement cannot be considered as being totally "extinct". We assess such areas as being "highly dormant". The areas corresponding to recent landslides (Holocene) are less stable than the former and are assessed as being "dormant". Among

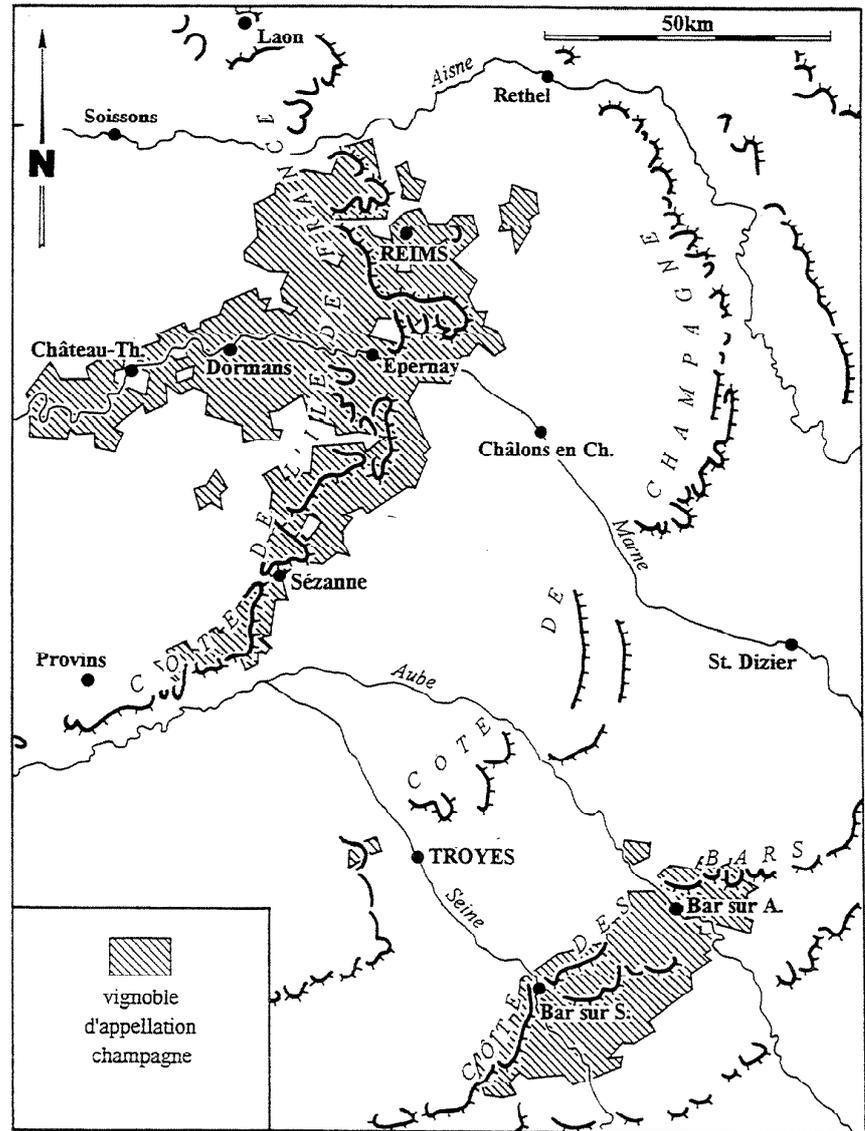


Fig. 1. - Croquis de localisation de la région étudiée.

Fig. 1. - Location map of the studied area.

these, the areas of youngest movement are the most susceptible and may be reactivated by strong rainfall, as occurred in 1988 and 1993. From a hazard standpoint, therefore, areas of Holocene mass movement must be treated with great caution in land development.

Introduction

Le vignoble champenois est le plus septentrional de France. Seules, l'Angleterre et l'Allemagne ont des vignes plantées plus au nord. Afin d'éviter des gelées tardives et de profiter au maximum de l'énergie apportée par les rayons solaires, ces vignes sont installées sur des

pentons parfois fort raides. C'est donc, principalement sur les parties bien orientées des fronts des cuestas de la Côte des Bars et de la Côte de l'Île-de-France ainsi que sur les versants de la vallée de la Marne que s'étale ce vignoble (fig. 1). Depuis quelques années, plusieurs mouvements de terrain importants (Rilly-la-Montagne en 1986, Aÿ et Cuis en 1988, Cramant et Mutigny en 1993) perturbent les activités viticoles.

Dans cet espace, l'étude des formations superficielles est devenue fondamentale car elles sont le siège de mouvements de terrain. Ce processus est particulièrement bien développé sur les pentes de la partie dite "marnaise" du vignoble :

Côte de l'Île-de-France et versants de la vallée de la Marne (Guérémy et Vêjux, 1987 ; Marre, 1987 ; Cozeret, 1987 ; Guérémy et Marre, 1991). De plus, elles n'ont été que peu étudiées pour le levé des cartes géologiques à 1/50 000 dont le but était essentiellement stratigraphique et structural.

Les études faites récemment ont permis de distinguer, sur les versants, deux grands types de formations superficielles : celles liées aux mouvements de terrain et celles qui peuvent être attribuées à d'autres processus, essentiellement de périodes froides.

L'étude des relations spatiales et temporelles de ces deux types de formations a permis d'établir une chronologie relative des formes qui leur sont associées et de proposer ainsi une évaluation de l'aléa "mouvement de terrain".

Les formations superficielles liées aux mouvements de terrain

Les mouvements de terrain qui affectent les pentes de la partie marnaise

du vignoble champenois sont nombreux et variés (Morfaux, 1990). Les plus importants d'entre eux prennent naissance sous la forme de glissements de terrain, dans la partie haute des versants où se trouvent les affleurements des formations tertiaires ; ils se prolongent, vers le bas, par des coulées souvent canalisées dans des vallons entaillés dans la craie. Ainsi, des formes complexes sont créées. Elles s'étalent sur des dénivellations qui atteignent 100 m et des largeurs qui dépassent 500 m. Elles présentent des formations superficielles caractéristiques (fig. 2).

Les formations des glissements de terrain

La zone de départ des glissements de terrain est caractérisée par un escarpement de tête en forme d'arc de cercle et dont le profil transversal est en forte pente. Il s'agit, en fait, de la partie visible d'une surface de rupture concave qui implique un mouvement rotationnel. Chacune des masses déplacées présente un replat de glissement et un talus externe vers l'aval. Un tel dispositif peut créer

une succession d'escarpements secondaires (fig. 2).

Ces masses rocheuses glissées doivent être considérées comme des formations superficielles : elles sont situées à une altitude inférieure à leur position stratigraphique originelle. Lors du déplacement, les fractures inscrites dans la roche ont rejoué et ont aidé la dislocation des couches qui apparaissent maintenant en compartiments juxtaposés et séparés par des microfailles. Le mouvement rotationnel est à l'origine d'une inclinaison des couches vers l'abrupt de tête créant ainsi un contre-pendage (fig. 3). La présence de ces micro-failles et de ces fortes inclinaisons des couches sont autant d'éléments d'identification de ces formations superficielles. De nombreux exemples ont pu être observés à l'occasion de travaux de terrassement dans le vignoble : les Charmières à Mutigny, les Rosières à Champillon, les Marottes à Cuis, Rochelet sur la Butte de Saran, etc.

Les formations des coulées

Le corps des coulées a une topographie chaotique avec de nombreux creux

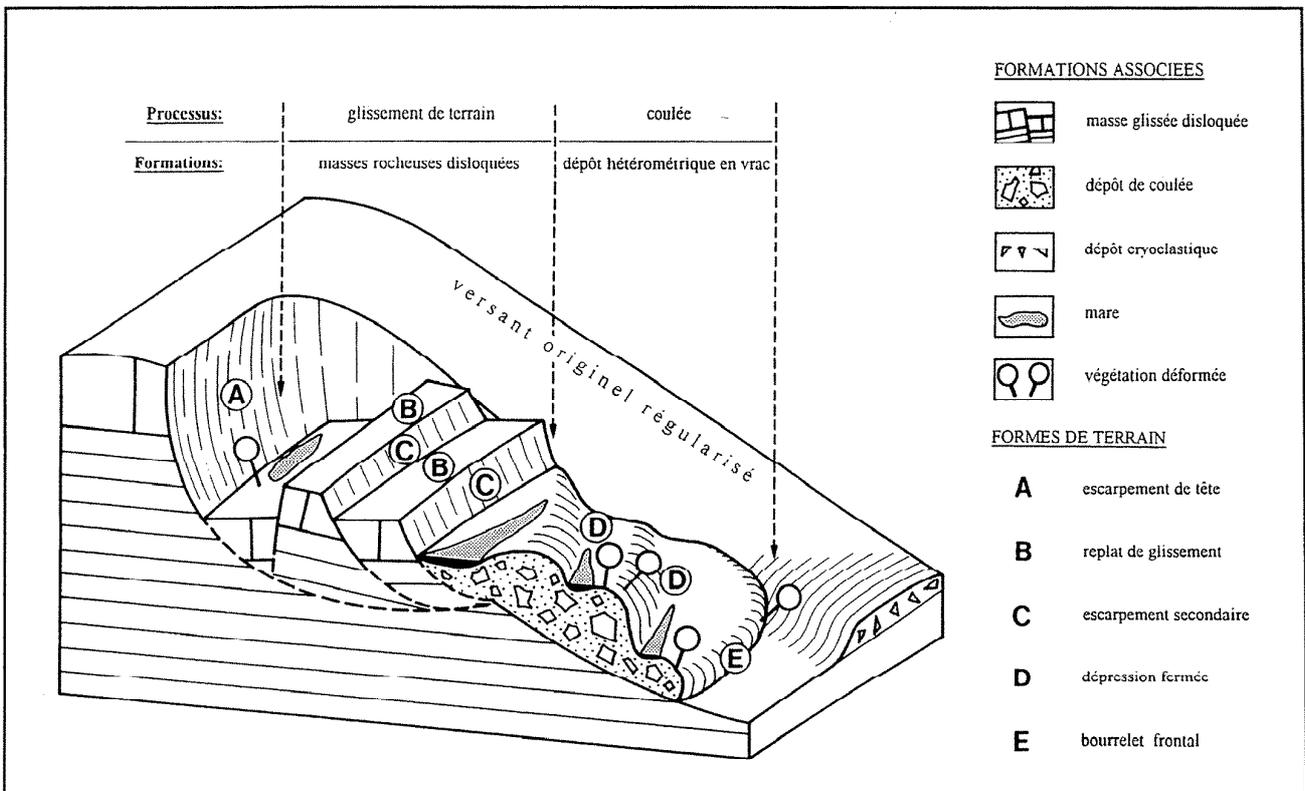


Fig. 2. - Les indices de repérage des mouvements de terrain : formes de terrain et formations associées.

Fig. 2. - Evidence of mass movement: landforms and associated slope deposits.



Fig. 3. - Formations superficielles liées aux mouvements de terrain : masse de calcaire glissée et disloquée aux Marottes (Montagne d'Avize - sud d'Epernay), cliché P. Guérémy.

Fig. 3. - Slope deposits generated by mass movement: slumped and disjointed mass of limestone at Les Marottes (Montagne d'Avize - south of Epernay). Photo P. Guérémy.



Fig. 4. - Formations superficielles liées aux mouvements de terrain : matériel de coulée hétérométrique et en vrac aux Marottes (Montagne d'Avize - sud d'Epernay), cliché P. Guérémy.

Fig. 4. - Slope deposits generated by flow: unsorted heterometric flow material without stratification at Les Marottes (Montagne d'Avize - south of Epernay). Photo P. Guérémy.

et bosses. Les premiers peuvent être occupés par des zones humides, voire des mares. Les secondes sont souvent soulignées par des déformations de la végétation et, notamment, des alignements de vignes (les vignerons parlent de "vignes folles"). Sur les bordures du corps des coulées, on rencontre des crevasses et des bourrelets latéraux ou frontaux au profil

convexe et au tracé lobé ou en spatule, où les plantations sont aussi déformées (fig. 2).

Les formations de coulées sont bien reconnaissables : leur matériel hétérométrique est disposé en vrac. (fig. 4). Les blocs et les fragments ont pour origine les formations géologiques du Tertiaire situées en haut des versants : meulières, calcaires de l'Eocène moyen et supérieur.

Ils sont toujours anguleux et sans traces d'usure car ils sont emballés dans une matrice argilo-sableuse abondante dans laquelle on peut reconnaître des matériaux originaires des formations meubles du Tertiaire : marnes blanches et vertes interstratifiées dans l'Eocène moyen et supérieur, argiles et sables ligniteux (Sparnacien), "argiles de Laon", sables de l'Yprésien supérieur (Cuisien).

Il nous a été possible d'observer, soit en coupe (Guérémy *et al.*, 1987), soit dans des fosses faits à la pelleuse (Marre, 1994a) une superposition de coulées (fig. 4 et 5). Dans tous les cas, la distinction entre les diverses coulées est possible. L'exemple des Charmières (communes d'Aÿ et Mutigny) est très démonstratif : cinq fosses ont pu mettre en évidence la superposition de deux coulées grâce à :

- la granulométrie du matériel : dans la formation de la coulée inférieure la matrice domine ; dans la coulée supérieure les gros fragments sont majoritaires ;

- l'origine stratigraphique du matériel : la coulée inférieure est essentiellement composée de marnes blanches et vertes issues des dépôts de l'Eocène moyen et supérieur, la coulée supérieure est constituée par des argiles brun-rouge, des fragments et des blocs de meulières et des sables issus des dépôts du "Sannoisien" et du "Cuisien" ;

- entre les deux formations de coulées : une semelle argileuse très plastique et imperméable est observable. Lors de la réalisation des fosses, le 8 mars 1994, la coulée supérieure était gorgée d'eau alors que la coulée inférieure était sèche. La semelle argileuse imperméable interdisait toute infiltration des eaux, contribuant ainsi à la saturation de la coulée supérieure et à la reprise de son fonctionnement.

Enfin, toujours aux Charmières (fig 5), les comblements d'origine anthropique soulignent la topographie en creux et en bosses de la coulée.

Les formations superficielles liées à des processus autres que les grands mouvements de terrain

Certaines de ces formations superficielles ont une origine cryoclastique : ce sont les éboulis lités situés au pied des versants calcaires. D'autres sont de type

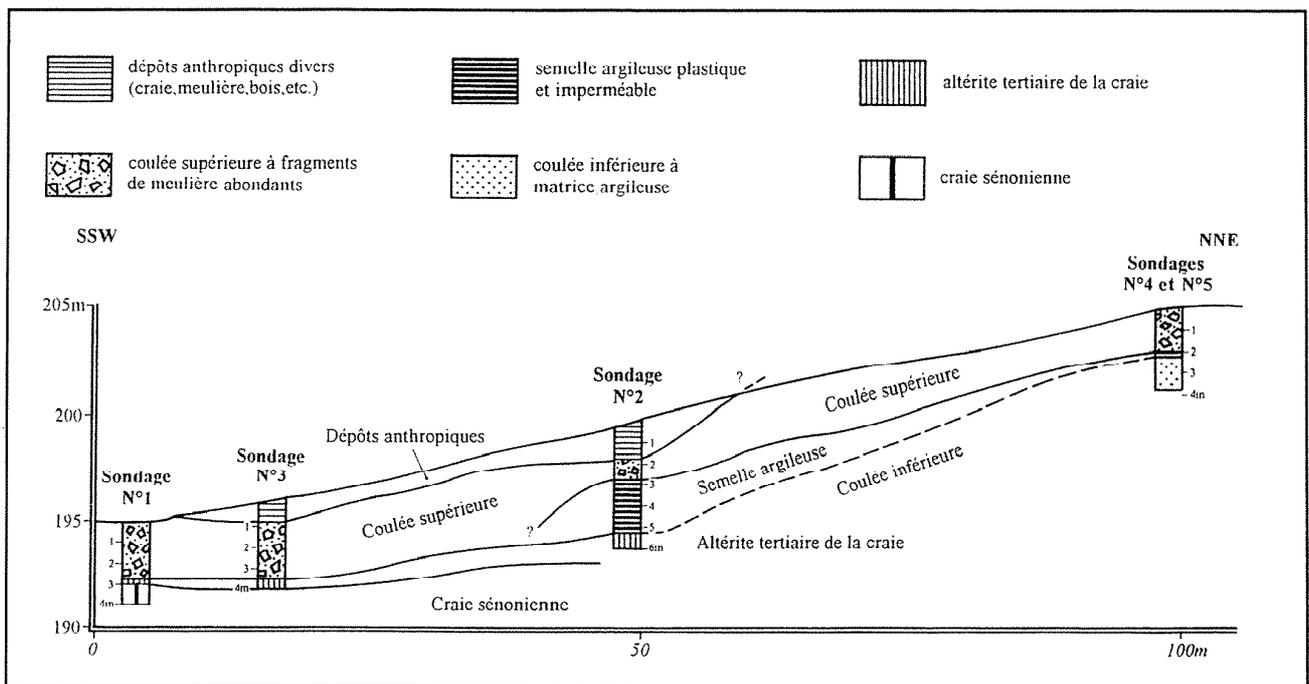


Fig. 5. - Coupe interprétative de la superposition de deux coulées faites à partir de cinq sondages aux Charmières (vallée du Cubray - Montagne de Reims).

Fig. 5. - Interpretative section of the superposition of two flow deposits, from five boreholes at Les Charmières (Cubray Valley - Montagne de Reims).

"head" (formation périglaciaire hétérométrique à matrice abondante enrobant des matériaux anguleux disposés parallèlement au versant), elles correspondent à des versants en pente plus douce, et au remaniement de roches ou formations superficielles de texture argileuse. Elles ont aussi été mises en place dans un contexte climatique froid.

Les dépôts d'origine cryoclastique

Deux types de dépôts ont été observés sur les versants du vignoble champenois marnais : des groizes calcaires et des grèzes crayeuses appelées "graveluches" en Champagne.

Le sommet des versants est parfois constitué par des corniches calcaires (Bartonien dans la Montagne d'Avize, Lutétien dans la vallée de la Marne ou le Massif de Saint Thierry). C'est à leur pied que les dépôts de type groizes peuvent être rencontrés.

Dans ce cas, il s'agit d'un versant réglé de pente forte (25°), comportant une partie haute, taillée dans le substratum calcaire fragmenté par le gel, et une partie basse, de même pente, qui est un talus d'éboulis constitué de fragments calcaires, anguleux et disposés en couches



Fig. 6. - Formations superficielles d'origine périglaciaire : groizes issues des calcaires de l'Eocène supérieur à la Garenne (Montagne d'Avize - sud d'Épernay), cliché P. Guérémy.

Fig. 6. - Periglacial slope deposits: "groizes" derived from Late Eocene limestone at La Garenne (Montagne d'Avize - south of Epernay). Photo P. Guérémy.

parallèles à la pente topographique. On observe une alternance de lits à gros fragments de taille décimétrique et à structure ouverte ("openwork") et de lits à fragments centimétriques emballés dans une matrice sableuse. Par intervalles, on doit noter la présence de très gros blocs (plusieurs mètres cubes). C'est là le faciès typique des groizes (fig 6).

En Champagne crayeuse, les dépôts de grèzes issus des versants de craie sont appelés "graveluches"; dans le vignoble, on parle de "croyotes" ou de "crayons". Ils diffèrent des précédents par le calibre des débris qui sont alors de taille inférieure au centimètre. Quant aux versants réglés correspondants, ils sont de pente plus faible (environ 15°). En revanche,

les "graveluches" présentent, de la même façon que les groizes, une disposition en strates, où alternent des lits gras à matrice et des lits maigres sans matrice et à structure "openwork". Ces lits ont une épaisseur de 5 à 10 cm et sont inclinés grossièrement dans le sens de la pente. De plus, dans les lits maigres, les éléments de craie sont plus gros et conservent des formes anguleuses ; en revanche, dans les lits gras, les éléments de craie sont plus petits et plus émoussés.

Groizes calcaires et grèzes crayeuses ont la même origine. Ce sont des dépôts cryoclastiques. Ils diffèrent seulement par le calibre des matériaux fournis par le gel, la craie étant beaucoup plus gélive que les calcaires de l'Eocène moyen et supérieur. Ces derniers, quant à eux, livrent des débris plus grossiers que ceux des grèzes provenant des calcaires jurassiques de Lorraine ou du Bassin aquitain. La filiation entre roche saine et dépôts cryoclastiques est facilement observable dans de nombreuses coupes, particulièrement sur la craie (ex. : coupe de Brise-Pot dans la vallée du Cubray, fig. 7) : le passage de l'une à l'autre est progressif, avec une zone intermédiaire, où la craie *in situ* apparaît de plus en plus fracturée. Cette succession, depuis la roche en place jusqu'à la formation superficielle, témoigne du rôle de la cryoclastie : la craie se fragmente pour donner des éléments de plus en plus fins (Laurain *et al.*, 1995). Bien que la craie soit encore susceptible de se fragmenter de nos jours sous l'effet du gel, il faut bien reconnaître que le volume des sédiments qui caractérise les dépôts de "graveluches" implique un climat plus froid que l'actuel, comme il s'en est produit au cours du Pléistocène, avec un plus grand nombre d'alternances de gel et de dégel et/ou une plus forte intensité du froid que de nos jours.

Groizes calcaires et grèzes crayeuses relèvent aussi des mêmes processus de mise en place. Leur faciès particulier a donné lieu à bien des discussions portant sur leur mode de mise en place (Bertran *et al.* 1994 ; Van Vliet-Lanoë, 1995). Toutefois, les auteurs s'accordent pour y voir un rôle décisif du froid et des eaux de dégel.

Enfin, dans un cas comme dans l'autre, la formation d'un sol sur les dépôts et l'implantation, sur celui-ci, d'une végétation forestière, témoignent



Fig. 7. - Formations superficielles d'origine périglaciaire : "graveluches" reposant sur une formation de coulée à Brise-Pot (vallée du Cubray - Montagne de Reims), cliché P. Guérémy.

Fig. 7. - Periglacial slope deposits: "graveluches" derived from Cretaceous chalk overlying flow material at Brise-Pot (Cubray Valley - Montagne de Reims). Photo P. Guérémy.



Fig. 8. - Formations superficielles d'origine périglaciaire : dépôt de type "head" avec forme de régularisation de versant au Mont de la Genette à Ambonnay (Montagne de Reims), cliché A. Marre.

Fig. 8. - Periglacial slope deposits: "head" and graded slope at Le Mont de la Genette. Ambonnay (Montagne de Reims). Photo A. Marre.

que les processus d'alimentation et de mise en place de ces matériaux ne sont plus fonctionnels.

Les formations de type "head"

Lorsque ce sont les argiles à meulrières qui constituent le rebord du plateau, la valeur des pentes de régularisation des versants est plus faible que dans les cas précédents. Les formations superficielles correspondantes sont alors de type "head".

Par exemple, la coupe du Mont de la Genette à Ambonnay montre un versant rectiligne et en pente douce (10° environ), installé sur un matériel hétérométrique et en vrac (fig. 8). Deux formations sont superposées :

- la formation inférieure, épaisse de 2 à 3 m, est constituée de marnes blanches et vertes. Elles emballent quelques rares fragments de calcaires et de meulrières. Cette formation n'a pas de stratification régulière. Elle se trouve à une altitude plus basse que le sommet de la craie et se termine suivant un plan parallèle à la topographie : elle a donc nettement flué sur le versant ;

- la formation supérieure, épaisse de 1 à 2 m, comporte une matrice argilo-sableuse brun-rouge emballant de nombreux fragments de meulrières; sa position témoigne aussi d'un fluage sur la pente.

Cette formation superficielle a été successivement nourrie par deux étages tertiaires : dans un premier temps, les

marnes de l'Eocène moyen et supérieur, dans un deuxième temps, les argiles à meulrières situées au dessus. Cela témoigne d'une régularisation régressive de la pente.

Si ces formations ont un faciès analogue à celui des coulées associées à des glissements de terrain, plusieurs indices montrent qu'elles n'ont pas la même signification géomorphologique :

- elles correspondent toujours à des formes "lisses" (versant réglé-glacis) qui partent de la partie supérieure des versants et qui devaient se raccorder à d'anciens niveaux de terrasses ;

- elles recouvrent la totalité des versants qui y sont sujets, alors que les secondes sont localisées à l'aval des glissements de terrain et dans les vallons qu'elles empruntent ;

- elles ont toujours une faible épaisseur : seulement quelques mètres au maximum, alors que les corps de coulées dépassent fréquemment les 10 m (16 m à Rilly-la-Montagne) ;

- elles présentent toujours des fragments de petite taille (quelques centimètres) qui proviennent du déchaussement de bancs minces des roches cohérentes, alors que les corps de coulées contiennent souvent d'énormes blocs issus de la dislocation des masses glissées.

Ces formations de "head" se sont donc mises en place sous la forme de multiples petites coulées de solifluxion

qui s'écoulaient sur un gélisol dans un contexte climatique périglaciaire. Elles sont l'équivalent latéral des formations cryoclastiques : les unes étant nourries par des roches cohérentes, les autres par des roches meubles et plastiques.

Les relations spatio-temporelles des diverses formations

Les rapports entre les formations liées aux mouvements de terrain et les formations periglaciaires

Plusieurs cas ont pu être observés.

Les dépôts de coulée sont recouverts par des dépôts cryoclastiques

Dans la vallée du Cubray, au nord du lieu-dit "Brise-Pot", une coupe permet d'observer, au-dessus de la craie, un dépôt caractéristique de coulée (fragments de calcaires et de meulrières disposés en vrac dans une matrice argilo-sableuse brune) recouvert par une accumulation de "graveluches" (fig. 7). Entre les deux formations, on peut voir un paléosol gris. Cet épisode de pédogenèse suppose l'apparition d'un climat plus chaud et plus humide que celui qui est responsable du dépôt ultérieur de grèzes.

Il existe une relation temporelle évidente entre les deux formations : le matériel de la coulée, s'est mis en place, puis il a été affecté par une pédogenèse, enfin, la "graveluche" d'origine cryoclastique

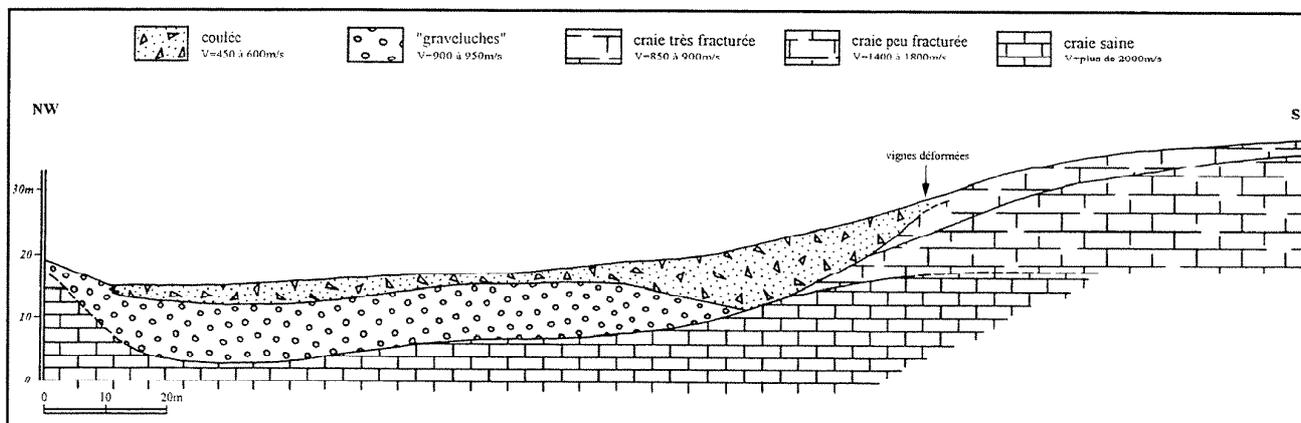


Fig. 9 - Profil sismique de la coulée de Romée montrant la superposition graveluche/coulée. Levé de terrain et coupe sismique-réfraction : M. Coulon.

Fig. 9 - Seismic profile of the flow material at Romée showing the superposition of "graveluches" on flow material. Seismic refraction profile by M. Coulon.

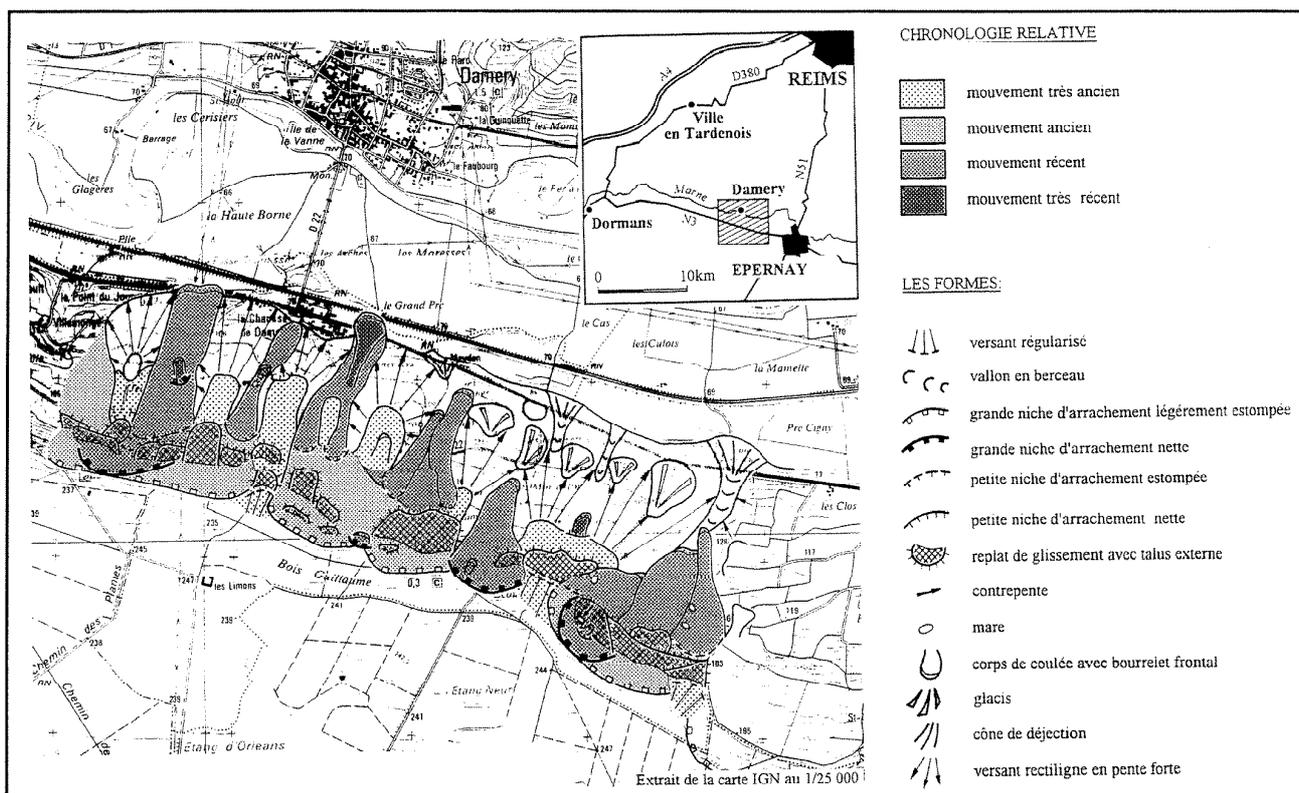


Fig. 10 - Croquis géomorphologique de la rive gauche de la vallée de la Marne aux environs de Vauciennes.

Fig. 10 - Geomorphological map of the left side of the Marne Valley near Vauciennes.

recouvre le sol. La "graveluche" est donc franchement postérieure à la coulée.

Les dépôts cryoclastiques sont recouverts par les dépôts des coulées

Toujours dans la vallée du Cubray, en-dessous du lieu-dit "Romée", une coupe permet de voir un dépôt de graveluches alimenté directement par un affleurement de craie. Il repose sur un premier dépôt de coulée et il est complètement recouvert par un second.

Un profil sismique (fig. 9) réalisé en travers du vallon montre que les graveluches (vitesses 900 à 950 m/s) ont en grande partie colmaté le fond du talweg. Le dépôt de coulée (vitesses 450 à 600 m/s) s'est superposé à elles, après qu'une partie en ait été probablement emportée au sud-est du vallon.

Des dépôts de coulée sont recouverts par d'autres dépôts de coulée

A plusieurs reprises, il nous a été donné d'observer des superpositions de coulées séparées par une semelle argileuse plastique et imperméable : Les

Marottes (fig. 4), Les Charmières (fig. 5), Romée, etc... Ces superpositions montrent souvent une différence d'activité des deux formations : alors que la formation inférieure témoigne d'une relative stabilité, la formation supérieure montre des traces d'activité.

Un exemple de relations spatio-temporelles : le versant de Vauciennes

Le levé cartographique et l'étude des mouvements de terrain sur la commune de Vauciennes (Marre, 1994b) font apparaître que plus de la moitié de la superficie de ce versant est affectée par ces processus. L'analyse des formes de terrain et des formations superficielles de diverse origine permet de distinguer, dans cette région, quatre générations d'instabilité des pentes : mouvements très anciens, anciens, récents et très récents (fig. 10).

Les quatre générations de mouvements de terrain

Les mouvements très anciens

Ces formes sont aujourd'hui de faible étendue. Les escarpements de tête sont

très estompés car une régularisation des pentes s'est exercée avec la mise en place des formations de type "head"; seuls, les replats de glissement et les dépôts de coulée perchés sont encore repérables. Ainsi, à l'est du village de Vauciennes, la ferme de la Chapotte est installée sur un très ancien replat de glissement qui se prolonge par un reste de corps de coulée reposant sur le sommet de la craie, vers 160 m d'altitude (fig 11a). L'escarpement de tête de ce glissement est totalement régularisé par des formations de type "head", qui étaient visibles dans une coupe située face à la porte de la ferme. Ce vieux versant réglé devait se raccorder à un fond de vallée de la Marne très haut perché par rapport au fond actuel. Le fait qu'il soit recouvert par des formations superficielles d'origine froide permet de le considérer comme antérieur à la dernière période glaciaire du Pléistocène.

Les mouvements anciens

Bien qu'ils soient aujourd'hui plus étendus que les précédents, et que leur niche d'arrachement en forme d'arc de cercle recoupe nettement les versants réglés antérieurs, les mouvements de terrain anciens présentent encore des escarpements de tête adoucis par des forma-

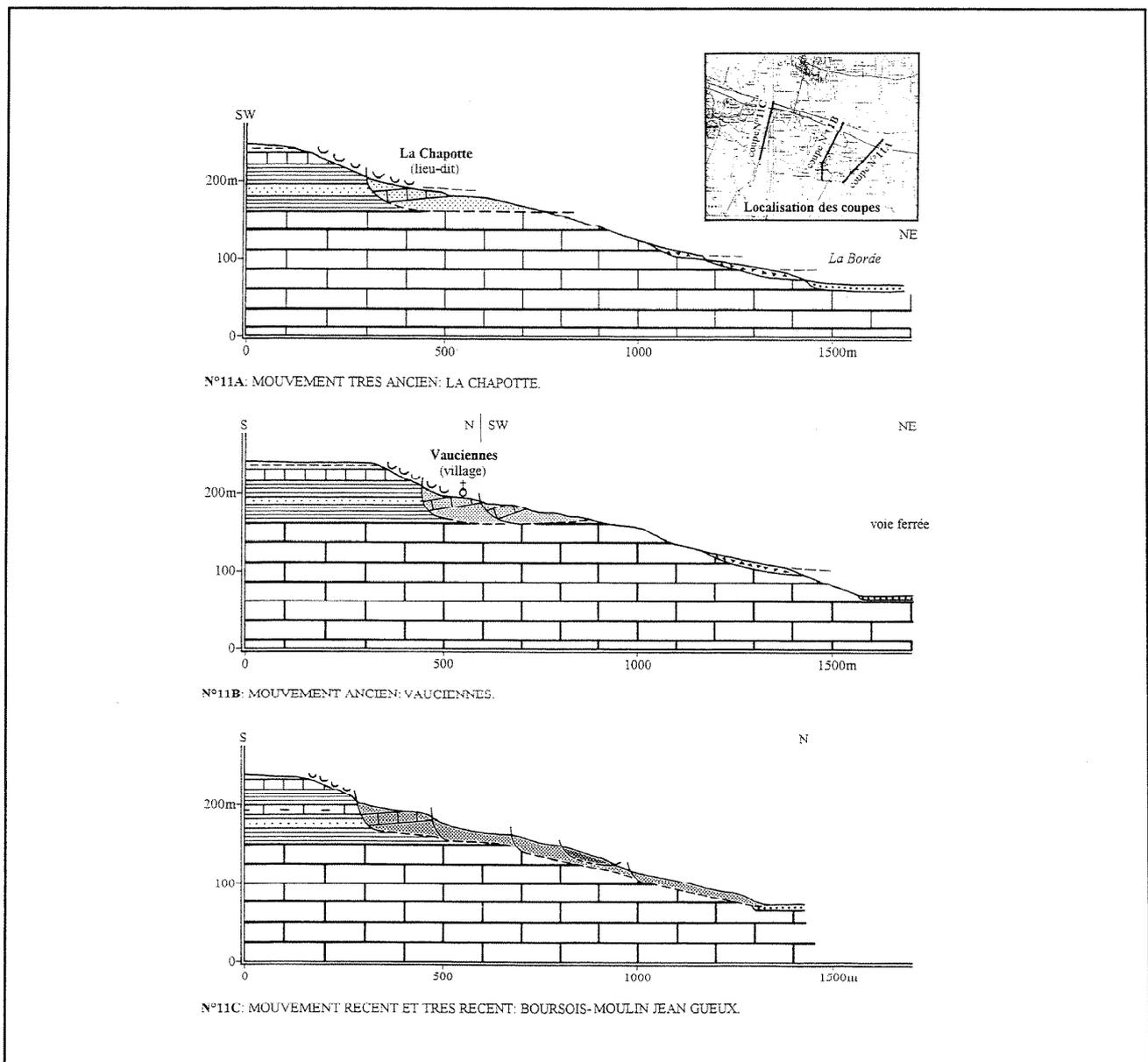


Fig. 11. - Coupes montrant les quatre générations de mouvements de terrain aux environs de Vauciennes.

Fig. 11. - Three profiles showing the four generations of mass movement near Vauciennes.

11a. - Mouvement très ancien : La Chapotte. L'escarpement de tête est complètement régularisé par des dépôts de type "head". Le tracé de la niche d'arrachement n'est plus visible parce qu'il a été recoupé par deux niches postérieures (fig 10).

11a. - Very ancient movement: La Chapotte. The head scarp is totally graded by a "head" deposit. The outline scarp is no longer visible because it is cut by two subsequent scarps (Fig. 10)

11b. - Mouvement ancien : Vauciennes. La niche d'arrachement est encore visible, elle s'inscrit nettement dans le versant régularisé de la génération antérieure. L'escarpement de tête est encore régularisé, lui aussi, par des dépôts de type "head". Aucune déformation n'est à signaler dans le village de Vauciennes qui est installé sur le replat de glissement.

11b. - Ancient movement: Vauciennes. The curved outline of the head scarp is still visible and clearly cuts into the regularised slope of the previous generation. It is itself, graded by "head" deposits. No disturbance is to be seen in Vauciennes, which is located on the slide flat.

11c. - Mouvement récent et très récent : Boursois-Moulin Jean Gueux. La niche d'arrachement est nette, l'escarpement de tête est encore abrupt et recoupe un versant régularisé plus ancien qui est conservé dans le haut du profil. Une ligne de sources jalonne le replat de glissement. Des déformations ont eu lieu récemment dans la coulée qui rejoint le fond de la vallée actuelle.

11c. - Recent and very recent movements: Boursois-Moulin Jean Gueux. The head scarp is clear, still steep and cuts into an ancient graded slope which is preserved at the top of the profile. A spring line marks the foot of the slide. Recent disturbance has occurred in the flow deposits that continue into the bottom of the present valley.

tions superficielles de type "head". C'est le cas à Vauciennes, où le centre du village est installé depuis fort longtemps (Moyen Âge) sur un replat de glissement (fig. 11b) se prolongeant par deux coulées qui se terminent vers 100-110 m d'altitude. Ces mouvements, plus jeunes que les précédents, mais toujours recouverts par des formations superficielles d'origine froide, peuvent être considérés, eux aussi, comme d'âge pléistocène.

Les mouvements récents

Ils se présentent soit sous la forme de complexes comportant un glissement rotationnel, qui échancre le plateau et de coulées, qui s'engouffrent dans les vallons rejoignant le fond de la vallée de la Marne (cas du complexe de Boursois-Moulin Jean Gueux, fig. 11c), soit sous la forme de coulées qui naissent au pied des glissements anciens (cas des coulées de La Meleine, de La Fabière, de La Barre etc.). Les escarpements, inscrits dans les roches cohérentes, sont abrupts et aucune formation de caractère périglaciaire ne vient sceller le déplacement. Ces mouvements peuvent être considérés comme postérieurs à la dernière période froide du Quaternaire et donc d'âge holocène.

Les mouvements très récents

Ils sont toujours à l'origine de désordres dont l'âge est connu par des témoignages oraux ou écrits. C'est le cas de celui qui affecte la route nationale à l'entrée du village de La Chaussée de Damery, où elle épouse une bosse responsable de nombreux accidents. Les travaux entrepris en 1975 n'ont fait qu'accélérer le mouvement de terrain.

Chronologie relative et évolution des formes

L'analyse de l'exemple de Vauciennes permet de mettre en évidence une succession de processus, dont certains sont responsables de mouvements de terrain, et d'autres, de régularisation des pentes. Il est alors possible de proposer une chronologie relative, où alternent la mise en place de formes "rugueuses" (glissements et coulées) et celle de formes "lisses" (versants réglés, glaciers et terrasses, Guérémy *et al.*, 1991) :

Formes rugueuses

Mouvements de terrain très anciens (Pléistocène)
- La Chapotte, La Cohette.

Mouvements de terrain anciens (Pléistocène)

- La Maloterie, Vauciennes,
- Hameau de La Barre,
- La Cohette ouest.

Mouvements récents (Holocène)

- La Meleine, Le Bois Ecouart,
- Moulin Jean Gueux.

Mouvements très récents (Holocène)

Formes lisses

Versant réglé n° 4
Forte régularisation des premiers escarpements de tête.

Versant réglé n° 3.
Régularisation des escarpements de tête.

Glacis n° 2 à 110-120 m
- Chemin des Louves,
- Les Dérozettes,
- Les Beaumes.

Glacis et terrasse n° 1 à 85-90 m
Equivalent de la terrasse de Damery
- Glacis du carrefour 89 m,
- Glacis du carrefour 84 m.

Plaine alluviale

Conclusion : les aléas "mouvement de terrain" dans le vignoble champenois

L'étude des versants de la vallée de la Marne et de ses affluents, ainsi que du front de la Côte de l'Île-de-France, a mis en évidence l'ampleur des superficies occupées par des mouvements de terrain et l'alternance, pendant le Quaternaire, de diverses phases de morphogenèse. Les unes sont responsables de ces mouvements, et, les autres, de formes de régularisation des versants.

Un tel schéma a pu être évoqué en Bourgogne (Joly, 1968) et dans les Alpes du Sud (Guérémy *et al.*, 1996). A l'instar de Joly, on peut penser que pendant les périodes froides, le gélisol immobilise l'eau, empêche toute infiltration, et interdit le fonctionnement des grands mouvements de terrain. Pendant les périodes chaudes, l'eau redevenant disponible déclenche des instabilités. De plus, sur les courbes climatiques construites à partir des données polliniques (Pons *et al.*, 1992), on peut constater que les précipitations des périodes chaudes du Pléistocène ont été plus fournies que celles des périodes froides et même que celles enregistrées de nos jours.

Contrairement aux processus d'alimentation et de mise en place des grôizes

calcaires et des grèzes crayeuses qui peuvent être considérés comme éteints, tout porte à croire que des glissements de terrain et des coulées sont susceptibles de se produire actuellement, même si la plupart d'entre eux ont eu lieu, soit à l'Holocène, entre la fin de la dernière période froide et l'implantation des villages, soit même au cours du Pléistocène, pendant des périodes sans doute un peu plus humides que la nôtre. De fait, le mouvement de Rilly-la-Montagne du 23 août 1986 a bien montré qu'un enchaînement climatique particulier, mais non exceptionnel (Marre, 1987) est capable de déclencher de nos jours un mouvement de grande ampleur. De plus, des recherches d'archives (Barbier, 1991 ; Rousseau, 1991) et des observations récentes (janvier 1988, 1993 et 1994) ont montré qu'une période particulièrement pluvieuse est suffisante pour provoquer une réactivation de ces mouvements de terrain. Il s'agit donc, en tout état de cause, de processus qui se trouvent aujourd'hui à l'état "dormant", sans qu'il soit possible d'établir la période de retour de ces événements.

L'existence de plusieurs générations de mouvements de terrain peut alimenter une réflexion sur la graduation de cet aléa qui, dans une région aussi fortement anthropisée, se transforme vite en risque. On peut ainsi distinguer plusieurs cas.

1) Les périmètres correspondant à des mouvements anciens (d'âge pléistocène) nous apparaissent, aujourd'hui comme relativement stables. On peut noter, en effet, que plusieurs villages sont installés sur des replats de glissement datant de cette génération et que leurs bâtiments anciens (églises médiévales) ne portent généralement pas de traces de dégâts. Cependant, on ne peut pas les considérer comme parfaitement sûrs, car on connaît des cas de réactivation postérieure à ces édifices (église de Sacy, par exemple). De fait, les processus qui leur ont donné naissance ne peuvent pas être considérés comme "éteints". On pourrait, au mieux, les considérer comme "fortement dormants". Plusieurs facteurs contribuent, pourtant, à une moins grande fragilité, par rapport aux aires qui ont été affectées par des mouvements récents (d'âge holocène).

De fait, la régularisation des versants a pour effet d'effacer les contre-pentes et de favoriser ainsi l'écoulement superficiel des eaux. De plus, les formations cryoclastiques perméables facilitent le drainage de sub-surface. Il en est de même pour la semelle argileuse séparant

deux coulées superposées, comme cela a pu être observé dans les sondages des Charmières (fig. 5).

En outre, on observe un contexte topographique particulier dans lequel tous les mouvements très anciens et anciens restent haut-perchés sur les versants : dans la région d'Epornay, ils se terminent toujours à une altitude relative d'environ 80 m dans la vallée de la Marne et de 50 m dans les vallées affluentes. Ainsi, à ce moment, le creusement de la vallée étant moindre, la Marne coulait dans les formations tertiaires et des mouvements étendus se sont réalisés. A l'heure actuelle, le creusement plus profond encaisse la vallée dans la craie cohérente et l'instabilité est localisée uniquement en tête de vallons affluents.

2) Les périmètres correspondant à des mouvements récents (holocènes) ne bénéficient pas des facteurs relatifs de stabilité qui se sont imposés dans les aires de mouvements plus anciens. Ils sont donc plus fragiles que les précédents et peuvent être qualifiés de "faiblement dormants". Parmi eux, les plus sensibles sont sans doute les plus récents car il a été

observé que des mouvements occasionnés par un épisode pluvieux de 1988 ont été réactivés par un second épisode en 1993.

Une telle chronologie relative joue donc un rôle notable en matière d'aléa. Les mouvements holocènes apparaissent comme étant fragiles. Ils sont donc à prendre très sérieusement en compte dans tout aménagement du vignoble. Les mouvements anciens, moins sensibles, ne doivent pas, pour autant, être considérés comme des lieux sûrs car toute modification d'un paramètre (valeur des pentes, charges, eau, etc...) peut provoquer une réactivation. Cette classification est une des bases utilisées pour la réalisation, à l'aide du SIG SynerGis, d'une cartographie de l'aléa "mouvement de terrain" sur l'ensemble du vignoble champenois faite par le GRECA, le BRGM et le CIVC (Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne).

Remerciements

Les auteurs remercient J. Allouc et C. Cavelier pour leurs remarques qui ont amélioré le texte et les légendes des figures.

Références

- Barbier I. (1991) - Essai de recensement et mise en relation avec les conditions climatiques des mouvements de terrain et des phénomènes d'érosion hydrique dans les départements de la Marne et de l'Aisne de 1900 à 1945. *Mémoire de Maîtrise, Institut de Géographie, Université de Reims*, 82 p.
- Bertran P., Texier J.P., Coutard J.P., Ozouf J.C., Francou B. (1994) - Contribution au débat sur l'origine des grèzes litées, *Quaternaire*, 5, n° 1, 41-46.
- Cozeret O. (1987) : Les mouvements de terrain dans la région de Champillon-Dizy-Hautvillers (Marne-France). *Trav. Inst. Géogr. Reims*, n° 69-72, 129-150.
- Guérémy P., Vejux V. (1987) - Mouvements de terrain successifs : les glissements de terrain et les coulées du versant sud de la Montagne d'Avize (Marne-France). *Trav. Inst. Géogr. Reims*, n° 69-72, 113-127.
- Guérémy P., Lhenaff R., Marre A. (1991) - Mouvements de masse et évolution des formes de terrain dans le massif des Baronnies (Préalpes françaises du Sud), *Z. Geomorph.N.F., Suppl.Bd*, 83, 211-220.
- Guérémy P., Marre A. (1991) - Les mouvements de terrain dans le vignoble champenois. *La Champagne Viticole*, Epornay, n° hors série "Environnement et aménagement du vignoble", 8-16.
- Guérémy P., Marre A., Bonnard J.Y. (1997) - Position des glissements de terrain dans l'évolution dynamique des versants pendant le Quaternaire : le cas du massif des Baronnies (Préalpes françaises du sud). *Engin. Geol.*, (à paraître).
- Joly J. (1968) - Une formation quaternaire mal connue : les systèmes de base de corniche. *C. R. Acad. Sci., Fr.*, Paris, 266, (D), 559-562.
- Laurain M., Guerin H., Marre A., Richard J. (1995) - Processus génétique à l'origine des formations de pente à graviers de craie en Champagne. *Permafrost and Periglacial Processes*, 6, 103-108.
- Marre A. (1987) - Le mouvement de terrain de Rilly-la-Montagne du 23 Août 1986 : naissance et évolution. *Trav. Inst. Géogr. Reims*, n° 69-72, 95-111.
- Marre A. (1994a) - Description des sondages au lieu-dit "Les Charmières" (Vallée du Cubray-Aÿ-Marne). *Rapport interne inédit*, 12 p.
- Marre A. (1994b) - Les mouvements de terrain sur le versant de rive gauche de la Marne - Commune de Vauciennes. *Rapport interne inédit, Institut de Géographie, Université de Reims et C.I.V.C. Epornay*, 25 p.
- Morfaux P. (1990) - Les glissements en Montagne de Reims. *Les Cahiers de l'IATEUR*, Université de Reims, n° 10-11, 50-61.
- Pons A., Guiot J., de Beaulieu J.L., Reille M. (1992) - Recent contributions to the climatology of the last glacial interglacial cycle based on french pollen sequences, *Quat. Sci. Rev.*, 27, 1-29.
- Rousseau S. (1991) - Essai de recensement et mise en relation avec les conditions climatiques des mouvements de terrain et des phénomènes d'érosion hydrique dans le département de la Marne et les régions limitrophes de 1946 à 1989. *Mémoire de Maîtrise, Institut de Géographie, Université de Reims*, 89.
- Van Vliet-Lanoë B. (1995) - Solifluxion et transferts illuviaux dans les formations périglaciaires litées. Etat de la question. *Géomorphologie*, n° 2, 85-113.

CARTOGRAPHIE NUMÉRIQUE EN GÉOLOGIE DE SURFACE

Application aux altérites à silex de l'ouest du bassin de Paris

par
Florence Quesnel
Document du BRGM n° 263

La synthèse de 50 feuilles géologiques à 1/50 000, la compilation de 2500 sondages, la combinaison des cartes thématiques grâce à l'outil S.I.G., et le traitement géostatistique des données, permettent d'établir la géométrie des altérites à silex (RS) à l'ouest du Bassin de Paris. La typologie des RS, à partir des observations de terrain, des analyses pétrographiques et de l'étude des résidus cénozoïques associés, permet d'identifier plusieurs générations d'altérites à silex. Les épaisseurs de craie dissoute sont quantifiées sur une carte 3D en intégrant les calculs de bilan isosilex 1D. La Composante Verticale de la Déformation Finie de la surface continentale paléogène est calculée entre le Thanétien et l'Actuel sur une carte 3D. La confrontation de l'altitude et du faciès des sédiments ou altérites conservés avec l'altitude des paléoniveaux marins contemporains, permet de contrôler la cohérence des résultats obtenus et de valider l'image 3D de la CVDF pour toutes les zones testées. Un soulèvement général de la bordure ouest du Bassin de Paris au tout début du Tertiaire est mis en évidence, tandis que le soulèvement récent de 100 à 150 m du Pays de Caux est infirmé. Le flambage lithosphérique déjà mis en évidence en Bretagne, Vendée et Poitou, et lié à la collision Afrique-Europe (compression pyrénéenne), est identifié jusqu'en Normandie. Il reste à valider et quantifier l'hypothèse de la rétroaction de la dissolution des craies sur le soulèvement. Ce travail cartographique trouve enfin des applications directes dans le domaine de l'aménagement, de l'environnement et en géoprospective.

The compilation and combination of data from 50 geological maps (1:50,000 scale), 2,500 boreholes and thematic maps using GIS software and geostatistical processing has made it possible to establish the geometry of the flint alterites (termed RS, residu à silex or "clay-with-flints") of the western Paris Basin. The typology of the RS formations on the basis of field observations, analytical results, and the study of associated Cenozoic residuals, has revealed several generations of flint alterites. The thicknesses of dissolved chalk have been quantified on a 3D map integrating 1D isoflint calculations. A 3D map has also been established to show the Vertical Finite Deformation Component (VFDC) calculated for the Palaeogene continental surface. By comparing altitude with facies, or alterites remaining with contemporary marine palaeoelevations, it is possible to check the consistency of results and validate the VFDC 3D image for all the zones tested. Results have shown a general uplift of the western Paris Basin border at the beginning of the Tertiary, but that the hypothesis of recent uplift by 100 to 150 m of the Pays de Caux is unfounded. The lithospheric doming already demonstrated in Brittany, and the Vendée and Poitou regions, linked to European-African plate collision (Pyrenean compression), is identified as far north as Normandy. The hypothesis of the retroaction of chalk dissolution on the uplift remains to be validated and quantified. Finally, this cartographic work has direct practical applications to land planning (e.g. flint resources for aggregate), the environment and geoforecasting.

Prix de vente : 650 F + 50 F de frais de port et d'emballage pour la France et 60 F pour l'Étranger.

En vente chez votre libraire habituel ou, à défaut, aux : Éditions BRGM - BP 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France - Tél. : 02 38 64 30 28.
Fax : 02 38 64 36 82 accompagné de votre titre de paiement.